

Producción de *Nothofagus* bajo condiciones controladas

Teresa Schinelli Casares

EEA Esquel, P.N. Domesticación de Especies Forestales Nativas Patagónicas y
P.R. Manejo sustentable forestal para uso maderero y silvopastoril



■ Ediciones

Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria



Producción de *Nothofagus* bajo condiciones controladas

Teresa Schinelli Casares¹

EEA Esquel, P.N. Domesticación de Especies Forestales Nativas Patagónicas y P.R. Manejo sustentable forestal para uso maderero y silvopastoril



¹ Tec. Univ. Forestal (UNC), Especialista en Fertilidad de Suelos y Uso de Fertilizantes (UBA). Responsable del vivero del Campo Experimental Agroforestal Trevelin dependiente de INTA EEA Esquel.

Título: Producción de nothofagus bajo condiciones controladas
Autor: Teresa Schinelli Casares
Tapa: Mariana Patiño Mayer
Diseño gráfico: Mariana Patiño Mayer
Fotos: corresponden a la autora, con excepción de foto 25 (Victor Mondino) y foto 27 (Raúl Coppa)

Schinelli Casares, Teresa
Producción de nothofagus bajo condiciones controladas. - 1a ed. - Esquel:
Ediciones INTA, 2012. 80 p. : il. ; 21x15 cm.

ISBN 978-987-679-145-8

1. Agricultura. 2. Viverización. I. Título
CDD 634.956 4

Primera edición: octubre de 2012
Impreso en la Argentina
Hecho el depósito que marca la Ley 11.723

Impreso en Imprenta Bavaria. S.C. de Bariloche, Río Negro, Argentina
Depósito de Ley 11.723
Copyright 2012 Ediciones INTA

*Dedicado a la memoria de
René Escobar Rodríguez*

Agradecimientos

A quienes con su opinión enriquecieron este trabajo:

René Escobar Rodríguez
Carlos Guillermo Buduba
Raúl Alberto Coppa
Ivana Lourdes Amico
Víctor Alejandro Mondino
Luis Eduardo Tejera
Santiago Varela
Abel Martínez

y a quienes con su labor cotidiana permiten llevar adelante el vivero:

Eduardo Villegas
Amalia Pryce
Mirian Paredes

Indice

Introducción	6
1-Semillas: el primer paso en producción de plantas	7
1.1 - ¿De dónde cosechar?	7
1.2 - ¿Cuándo cosechar?	8
1.3 - ¿Cómo cosechar?	9
1.4 - Rendimiento	11
1.5 - Procesamiento y manejo de semillas	12
2-Preparándonos para viverizar	15
2.1 - ¿Qué factores condicionan el crecimiento de las plantas?	15
2.2 - Tubetes: Cómo elegirlos: factores a considerar	17
2.3 - El sustrato: La importancia de tener una buena base	19
2.4 - Nutrientes y etapas de desarrollo de la planta	21
2.4.1 - Los minerales	21
2.4.2 - ¿Cómo llegan los nutrientes a la planta?	25
2.4.3 - Necesidades nutricionales en cada etapa	25
2.4.4 - Síntomas comunes de deficiencia nutricional	26
2.5 - Riego y Fertirriego:	27
2.5.1 - ¿Qué cantidad de agua necesitan las plantas?	28
2.5.2 - ¿Cómo determinar el riego para cada etapa?	29
2.5.3 - Los fertilizantes para fertirrigación	30
2.5.4 - El agua para fertirrigación	31
2.5.5 - ¿Cómo calcular la cantidad de fertilizante?	33
2.5.6 - Controles necesarios	36
2.6 - Temperatura	39

3-Ciclo de cultivo	40
3.1 - Preparación del sustrato	40
3.2 - Tratamientos pregerminativos	40
3.3 - Siembra	41
3.4 - Repique	43
3.5 - Etapas de crecimiento	44
3.5.1 - Establecimiento	44
3.5.2 - Máximo crecimiento	45
3.5.3 - Rustificación	46
3.6 - Seguimiento del desarrollo	48
 4- Del vivero al campo	 50
4.1- Embalaje	51
4.2- Transporte	52
4.3- Plantación	52
 Consideraciones finales	 54
Bibliografía	55

Introducción

Tradicionalmente la producción en vivero se realizaba a raíz desnuda y sin fertilización, insumiendo un plazo mayor a 2 años.

En los últimos tiempos, el ajuste de técnicas de producción bajo condiciones controladas **permitió la obtención de plantas en sólo una temporada**, haciendo posible la producción según demandas puntuales. Si bien ésta técnica es más intensiva y más eficiente, también presenta menos margen de error, y requiere de gran precisión en todas sus etapas.

La presente publicación intenta describir el proceso de viverización bajo condiciones controladas, acompañando cada instancia con un razonamiento técnico que permita al lector comprender el por qué en cada etapa del mismo.

La información presentada es el resultado de varios años de experiencia en la viverización de lenga (*Nothofagus pumilio*), ñire (*Nothofagus antarctica*), roble pellín (*Nothofagus obliqua*) y raulí (*Nothofagus alpina*).

1- Semillas:

El primer paso en la producción de plantas

El objetivo de la cosecha de semillas es lograr la cantidad necesaria para el plan de producción establecido. Teniendo en cuenta que la semilla es el material básico para el vivero, y que las plantas logradas deben ser de alta calidad, es necesario considerar una cuidadosa selección de los árboles a cosechar.

1.1 ¿De dónde cosechar?

Es recomendable cosechar semillas del rodal más cercano al área donde se quiere plantar. Esto asegura trabajar con material ya adaptado a las características ambientales de la zona.

Los árboles se deben seleccionar de manera de incluir sólo los de aspecto deseable y evitar los enfermos o mal formados. Se entiende por aspecto deseable a aquellos individuos cuyo diámetro sea mayor a la media del rodal, y que presenten fuste recto. En lo posible, sus ramas deben ser cortas, de poco diámetro y ángulos de inserción cercanos a los 90°. Con respecto a la edad, se deberán escoger ejemplares maduros, dominantes o codominantes, ya que los muy jóvenes pueden producir semilla de baja viabilidad.

En caso de querer caracterizar a la población de la cual se va a cosechar hay que tener en cuenta que los árboles cosechados estén separados entre sí al menos por la distancia de la caída de la semilla. Esto es a los efectos de reducir el riesgo de recolectar semillas de árboles emparentados, lo que reduciría la diversidad genética del lote de plantas producidas.

Es recomendable cosechar un mínimo de 20 árboles por rodal, de manera de asegurar cierta diversidad genética en el lote de plántulas (*Callahan, 1964*).

¿Cantidad vs Calidad?

Muchas veces es necesario buscar un criterio intermedio entre la producción abundante de semilla y el aspecto de los árboles semilleros. Es muy común que los árboles que poseen una gran ramificación, sean los que producen mayor cantidad de semillas, mientras que los árboles que poseen un porte forestal excepcional, por lo general producen poca cantidad de se-

milla. Por lo tanto es recomendable considerar ambos aspectos al momento de seleccionar los árboles que serán cosechados.

Cosechar sólo los mejores árboles puede significar que no alcancemos a recolectar toda la semilla necesaria para nuestro plan de producción. Por lo tanto, el nivel de exigencia en la selección de plantas depende en gran medida de la cantidad de semilla que se necesite.

1.2 ¿Cuándo cosechar?

El momento de cosecha varía según la especie. Los *Nothofagus* son especies de producción cíclica ya que su fructificación es muy irregular en el tiempo. La producción de semillas está fuertemente afectada por las condiciones climáticas de primavera, en especial por la presencia e intensidad de vientos que afectan la polinización.

En general se presentan ciclos con años de buena producción que alternan con años de producción muy baja o nula (*Donoso, 2006*). Por esta razón, en años de alta producción es conveniente efectuar grandes cosechas y almacenar la semilla para poder utilizarla en años de baja producción.

Cronograma de cosecha

Es importante cosechar las semillas cuando se encuentran adecuadamente maduras, ya que las inmaduras tendrán menor viabilidad. En los *Nothofagus* abarcados en esta publicación, mediante la observación de cambios en los frutos, se puede obtener un indicador de maduración



Foto 1: Frutos de Roble pellín

subjetivo. Un indicador del grado de maduración de las semillas es cuando se observa que el color de los frutos cambia del verde al marrón o al grisáceo (Foto 1). Otro indicador, que se corresponde con el primero, es la apertura de los frutos (FAO, 1991)

La maduración depende de las condiciones climáticas de cada año y de cada zona, por lo que el siguiente cronograma es estimativo:

Tabla 1: Cronograma de cosecha en la región.

ESPECIE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL
Lenga			X	X
Nire	X			
Roble pellín		X		
Raulí		X		

1.3 ¿Cómo cosechar?

Básicamente podemos identificar dos tipos de cosecha para *Nothofagus*:

1) Cosecha directa:

También se la denomina cosecha individual, ya que se identifica cada lote de semilla según la pertenencia al individuo del cual fue cosechada. La cosecha directa se puede realizar con tijeras de altura (pértigas) con las cuales se cortan los ramilletes fructíferos de los extremos de las ramas o, incluso, manualmente en individuos con ramas bajas. (Foto 2).



Foto 2: Cosecha manual

En el caso de árboles altos se los puede escalar, lo que requiere tanto de personal entrenado como de elementos de seguridad (grampones, arneses, cuerdas de escalada, etc.). Si bien es una técnica costosa, es la más utilizada en árboles de gran porte.

2) Cosecha indirecta:

Este tipo de cosecha se utiliza en aquellos rodales y áreas semilleras donde no es necesaria la identificación individual debido a la homogeneidad de sus individuos y a sus buenas características.

La cosecha indirecta puede ser efectuada mediante la colocación de lonas, plásticos o mallas de micro filamentos bajo los árboles. Es recomendable recolectar una vez por semana lo caído por efecto natural.

También pueden colocarse las lonas y sacudir las ramas para captar la semilla. Esto es factible únicamente si se logra estar en el rodal en el momento oportuno, cuando los frutos están abiertos pero la semilla aun no ha caído (Foto 3).



Foto 3: Cosecha con lonas

La cosecha con redes permanentes tiene la ventaja de que se capta semillas de varias copas simultáneamente, lo que implica un menor costo de mano de obra.

Un factor a tener en cuenta en éste tipo de cosecha es que la semilla se recolecta con gran cantidad de impurezas, aumentando el tiempo que requiere la limpieza del material en vivero. Por ésta razón es recomendable

sincronizar la cosecha de las redes antes de la caída de hojas, a fin de facilitar la tarea de limpieza del material.

En general, la semilla obtenida por este sistema presenta un poder germinativo más bajo que las semillas recolectadas de forma directa. Esto se debe a que no hay una selección individual de los árboles a cosechar por calidad de semilla sino que se cosecha una muestra representativa de la calidad general del rodal. En la cosecha individual, al seleccionar cada árbol por fenotipo y calidad de semilla, la muestra resulta de mayor calidad.

1.4 Rendimiento

La proporción de semilla llena puede ser extremadamente baja. En ñire es frecuente obtener menos de un 5 % de semilla llena, aunque los valores varían de acuerdo a tres factores: 1) la técnica de cosecha, 2) el lugar de cosecha y 3) a las variaciones climatológicas que suceden de un año a otro.

Con respecto a poder germinativo:

En cosecha de lenga, utilizando el método de cosecha directa, se obtuvo un 15 % de poder germinativo vs. 0,6 % en cosecha con redes (*Mondino, V. com. per.*).

Con respecto al rendimiento:

En cosecha indirecta de roble pellín, se obtuvieron en promedio 4 gr de semilla limpia/m² de red, fluctuando entre 17 gr y 0,4 gr /m² en los mejores y peores años respectivamente (*Martínez y Schinelli, 2010*).

Tanto la cantidad de semilla producida como su poder germinativo varían año a año. Lo que es importante recordar es que **la cosecha individual, si bien es más costosa, nos asegura mejor calidad de semilla.**

Un dato a tener en cuenta es la cantidad de semillas/kg en cada especie. Esto dependerá del tamaño de la semilla y, a la vez, varía según la zona y también entre individuos de la misma especie.

La cantidad de semillas/kg (Tabla 2) y la proporción de semilla llena, serán datos necesarios para determinar cuanta semilla se necesita en cada año en particular para producir una determinada cantidad de plantas.

Tabla 2: Cantidades aproximadas de semillas / kg.

ESPECIE	PROMEDIO SEMILLAS/KG	RANGO PROBABLE SEMILLAS/KG
Lenga	68.000	36.000 a 100.000
Ñire	500.000	250.000 a 750.000
Roble pellín	139.000	133.000 a 145.000
Raulí	123.000	111.000 a 136.000

Es recomendable realizar un ensayo de corte en el momento de la cosecha a fin de tener un valor estimativo de semilla llena, ya que es factible tener años de gran producción de semilla pero con altos porcentajes de semilla vana.

El ensayo de corte puede realizarse sobre 2 o 3 muestras de 100 semillas cada una. Se corta cada semilla por la mitad de manera de poder observar el endosperma. Este debe presentar color blanco y buen tamaño. Un endosperma amarronado, faltante, o muy pequeño (separado del tegumento de la semilla) representa una semilla que no germinará. Se promedia el resultado de las muestras para obtener un valor estimativo de porcentaje de semilla llena y vana.

¿Cómo separar la semilla vana?

Un método práctico es el método de “flotación”. Este consiste en poner el lote de semilla en un recipiente de boca ancha con gran cantidad de agua. A al cabo de 24 hrs, la semilla que permanece a flote es la semilla vana, y la semilla sumergida en el fondo del recipiente es semilla llena. Es conveniente no poner demasiada semilla en el recipiente, de manera de evitar que haya un colchón grueso de semilla en flotación que impida que algunas semillas buenas puedan sumergirse.

1.5 Procesamiento y manejo de semillas

Abarcan aquellas actividades que deben realizarse a partir de la semilla recolectada, y hasta que éstas se utilicen en la siembra.

Secado:

Es común que las semillas lleguen húmedas al vivero, especialmente si son colectadas con redes permanentes. Para secar las semillas, se colocan en cajas de cartón a temperatura ambiente durante 3 a 5 días. Este proceso, además de secar la humedad exterior, contribuye a disminuir la humedad interior de la semilla, lo que es fundamental para mantener su viabilidad en el tiempo.

Un rango de valores orientativos para el almacenaje de *Nothofagus* es entre 6 y 9% de humedad (*Escobar et al*, 1996).

Limpieza:

Este proceso consiste en eliminar todas las impurezas acumuladas durante el proceso de recolección (en cosecha directa o indirecta). Estas impurezas pueden ser hojas, tierra, fragmentos de ramas, semillas en mal estado, semillas de otras especies, insectos, etc.

Para la limpieza pueden utilizarse tanto tamices de diferentes calibres (Foto 4) como también sistemas de venteo o mesas vibratorias.



Foto 4: Tamices de limpieza

En caso de observarse presencia de insectos, es conveniente rociar la semilla con un insecticida de contacto, para evitar que los mismos dañen la semilla durante el período de almacenaje.

Una vez realizada la limpieza (Fotos 5 y 6) es recomendable separar las semillas llenas de las vanas, y eventualmente realizar una calibración del lote

(separación por tamaños). Ambas prácticas favorecerán el trabajo posterior en vivero, ya que al trabajar con lotes de semilla bien procesados se puede realizar siembra directamente en los tubetes garantizando la utilización de semilla viable.



Foto 5 : Semilla limpia de Ñire



Foto 6: Semilla limpia de Roble pellón

Almacenaje:

Este punto es de especial importancia en los años de mucha semilla, en los que es recomendable aprovechar para hacer un stock para otra temporada. Igualmente, la variación del poder germinativo puede ser considerable de un año a otro. Por otra parte no existe aún información suficiente sobre las condiciones óptimas de almacenamiento para cada especie. Por estas razones, es necesario determinar nuevamente el poder germinativo antes de sembrar lotes que hayan sido almacenados más de una temporada.



Foto 7: Almacenaje de semillas

Especie:
Año:
Procedencia:
Rodali:

El almacenaje se realiza **en recipientes herméticos**, colocándolos en **ambiente seco y frío**, en condiciones de baja humedad y temperatura entre 2 y 5 °C (cámara de frío o un ambiente con condiciones similares). Cada recipiente de semilla debe identificarse con antecedentes tales como especie, procedencia y fecha de recolección, y de ser posible también peso neto, pureza y poder germinativo (Foto 7).

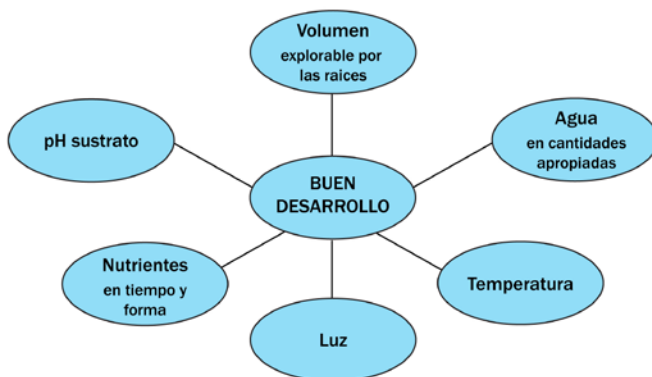
Si bien para raulí y lenga se han obtenido buenos resultados de conservación de poder germinativo en condiciones de almacenamiento a muy bajas temperaturas (-18 °C); es necesario considerar que a menor temperatura de conservación el contenido de humedad de la semilla debe ser menor (FAO, 1991). Por esto es importante tener en cuenta que el control sobre la temperatura y humedad de almacenaje será el factor más influyente para mantener la viabilidad de la semilla de un año a otro.

2- Preparándonos para viverizar

Antes de emprender una producción de plantas, debemos conocer los factores que influyen en su crecimiento.

2.1 ¿Qué factores condicionan el crecimiento de las plantas?

Existen múltiples factores que afectan el desarrollo vegetal de diferentes maneras. Vamos a describir los principales, y enfatizar que si bien pueden relacionarse o no entre sí, es la sumatoria de los mismos la que determinará el crecimiento total.

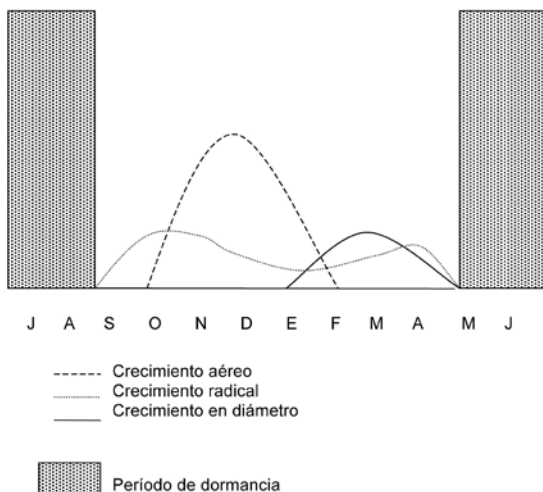


Condicionantes al crecimiento y buen desarrollo

- **Volumen explorable:** Se refiere a la cantidad de suelo o sustrato en el cual pueden desarrollarse las raíces. Un volumen limitado, o de características físicas inapropiadas disminuye la posibilidad de absorción de agua y captación de nutrientes limitando el desarrollo.
- **Disponibilidad de agua:** Lo más lógico es pensar que las plantas necesitan tener cierta cantidad de agua disponible, pero ¿por qué? Si hay déficit hídrico disminuye la llegada de nutrientes a la planta, especialmente de las formas químicas que permanecen disueltas en la solución del suelo y llegan a las raíces por flujo masal. Por otro lado, si hay exceso de agua, disminuye la actividad de las raíces por falta de oxigenación. Es decir, en un ambiente saturado, la planta no absorbe más agua sino menos.
- **Temperatura ambiente:** Hay rangos de temperatura en los cuales el metabolismo de la planta funciona más rápidamente. Esto es diferente para cada especie según sus áreas de distribución natural. En viverización de *Nothofagus* se utilizan temperaturas de crecimiento entre 15 y 25 °C.
- **Disponibilidad de nutrientes en tiempo y forma:** Dentro de cada temporada de crecimiento, podemos identificar distintas etapas según el desarrollo de la planta. Las demandas nutricionales varían según cada etapa, y en la medida en que la planta cuente con los nutrientes específicos que necesita en cada una, el desarrollo se verá favorecido.

El siguiente gráfico esquematiza el crecimiento:

Figura 1: Esquema de etapas de crecimiento.



- **pH sustrato:** En sustratos inertes la mayor disponibilidad de nutrientes se da a pH **5,2-5,5** (en suelos naturales, la máxima disponibilidad es a pH 6,5).

Todos los factores presentados son igualmente importantes, y si podemos hacer un manejo integral que abarque la totalidad de ellos, el crecimiento será máximo.

2.2 Tubetes: como elegirlos, factores a considerar

En éste tipo de producción **se utilizan envases de polietileno rígido denominados tubetes**. Una de sus mayores ventajas es que son reutilizables y tienen una vida útil de alrededor de 10 años.

En el mercado **existe gran variedad de tubetes**, variando no sólo su forma y volumen sino la forma en que se reparte ese volumen entre altura y diámetro de boca (Foto 8).



Foto 8: Distintos tamaños de tubetes



Foto 9: Volumen de sustrato ocupado con raíces

Los tubetes presentan perforaciones basales que permiten el drenaje del agua gravitacional y estrías interiores que ayudan a orientar el crecimiento de los meristemas apicales hacia la base evitando el enrulamiento.

Los sistemas radicales varían en arquitectura y forma de crecimiento para cada especie. Por ésta razón, es conveniente probar diferentes tipos de tubetes para encontrar aquel en el que cada especie crece mejor. El volumen a utilizar debe ser aquel en el cual el sistema radical alcanza a expandirse hasta llenarlo en el tiempo de cultivo que estemos manejando. Además de la observación de cantidad de raíces en el sustrato, otro indicio de que la raíz ha ocupado la mayor parte del volumen disponible es la baja o nula resistencia de la planta al extraerla del tubete. Si tomamos la planta por su base o cuello y ejercemos una leve fuerza hacia arriba, la planta debería desprenderse con el terrón de sustrato bien formado y compacto (Foto 9).

Para las especies ñire y lenga, en cultivos de una temporada, se ocupa la mayor parte del volumen disponible **en tubetes de 250 cm³, (20 cm. de altura x diámetro de boca 5 cm)**. En estos tubetes la distancia entre los ejes de las plantas es de 5 cm.

Raulí y roble pellín, debido a su mayor tamaño de hojas, necesitan mayor diámetro de boca y mayor distancia entre ejes. Para estas especies, se utilizan tubetes individuales de 15 cm. de altura x 6 cm de diámetro, resultando la distancia entre ejes de plantas de 6,5 cm. El volumen de tubetes para estas especies es 265 cm³.

Para ninguna de las cuatro especies abarcadas resulta conveniente la utilización de tubetes de mayor volumen que aquél que llega a ocuparse en

una temporada, ya que no significan un mayor tamaño de planta. También resultarían más costosos por la cantidad de sustrato necesaria y la menor cantidad de unidades/m² de invernáculo.

2.3 Sustrato: la importancia de tener “una buena base”

El sustrato es el medio en el cual se desarrollará el sistema radical y es de los factores más determinantes para el crecimiento de las plantas.

Cuanto mayor sea el volumen de sustrato explorado, mejor desarrollo tendrán las raíces, y mayor la posibilidad de captación de agua y nutrientes. El hecho de tener un buen crecimiento de raíces, también optimiza el espacio asignado a cada planta, siendo ésta una ventaja económica.

Las características deseables del sustrato son las siguientes:

Características físicas:

- Tener una cantidad adecuada de aire para el funcionamiento de las raíces.
- Tener alta capacidad de retención de agua.

Las características físicas mencionadas están determinadas por **la porosidad**. La porosidad de un sustrato está compuesta por el volumen total de espacio ocupado por macro poros (poros de aireación), y micro poros (poros de retención de agua). Los distintos porcentajes de ambos tipos de poros determinarán características diferentes. Por ejemplo: un porcentaje de macro poros mayor al 40 % nos sugiere que ese sustrato tiene excesiva aireación, y consecuentemente baja capacidad de retención de agua.

El sustrato ideal, en cuanto a características físicas, es aquel que le brinda al sistema radical el balance óptimo entre poros de aireación y poros de retención. Esta relación varía para cada especie, por lo que se sugiere, al iniciarse en el cultivo de nuevas especies, hacer pruebas de sustrato con diferentes proporciones de macro y micro poros, inclusive teniendo una misma porosidad total.

Para *Nothofagus* se trabaja con un sustrato de turba rubia (SPHAGNUM) y arena volcánica (Fotos 10 y 11).



Foto 10: Turba Sphagnum



Foto 11: Arena volcánica (Lapilli)

Esta mezcla nos da la posibilidad de tener un buen balance entre macro y microporos, es de fácil manipulación, es inerte y a la vez fácil de esterilizar. Pero una de las mayores ventajas que presenta es la posibilidad de variar la distribución porcentual del tipo de poros según las necesidades de la planta a cultivar.

Las proporciones recomendadas, según la necesidad de retención de agua y de aireación en raíces de cada especie, son las siguientes:

Tabla 3: Proporciones de arena y turba para cada especie.

	TURBA	ARENA VOLCÁNICA
lenga y ñire	2 partes	1 parte
raulí y roble pellín	1 parte	1 parte

Porosidad

Tabla 4: Porosidad final del sustrato.

SUSTRATO TURBA : ARENA	POROSIDAD TOTAL %	POROSIDAD DE AIREACION %	POROSIDAD RETENCION DE AGUA %
2:1	85	13	72
1:1	71	22	49

Características químicas:

Para los cultivos en condiciones controladas de crecimiento, en los cuales se utiliza fertirriego, las principales características deseables son:

- Tener una alta capacidad de intercambio catiónico
- Ser químicamente inerte, es decir, que no aporte nutrientes por sí mismo

Estas características nos dan la posibilidad de manejar en forma completa la nutrición mineral de la planta.

Igualmente, el mejor sustrato es aquel que resulta más accesible a cada viverista, sin dejar de cumplir con las características físico-químicas necesarias para cada caso. Otras opciones de sustratos son:

- turba sp. Carex + arena volcánica
- corteza compostada
- sustratos en base a aserrín

2.4 Nutrientes y etapas de desarrollo

2.4.1 Los minerales

Los elementos minerales necesarios para el desarrollo de las plantas se dividen en dos grandes grupos: **macronutrientes** y **micronutrientes**. Esta diferenciación responde únicamente a las cantidades en las cuales es necesario cada elemento y no a una cuestión de importancia, como podría interpretarse. Los micronutrientes son necesarios en cantidades muy inferiores, pero son igualmente importantes para el normal desarrollo de las plantas. La deficiencia tanto de unos como de otros puede causar limitantes en el crecimiento y daños en el tejido.

¿Qué función cumple en la planta cada elemento?

Macronutrientes:

Nitrógeno (N)

Es el elemento que se encuentra en mayor porcentaje en la planta, por lo que es el que con mayor frecuencia limita su crecimiento.

Funciones en la planta:

- Es el principal componente de aminoácidos (unidades estructurales de las proteínas).
- Forma parte de ácidos nucleicos ADN, ARN.
- Es un componente de enzimas y clorofila.

Forma disponible para la planta: Nitrato (NO_3^-) y Amonio (NH_4^+).

Nitrato vs. Amonio:

El nitrógeno interviene en el crecimiento de la planta de diferente manera según si está en forma de Nitrato (NO_3^-) o de amonio (NH_4^+). Mientras que **el N en forma de nitrato promueve el crecimiento en raíces, la forma amoniacal promueve el desarrollo de la parte aérea de la planta**. Por esta razón, no sólo deben estar presentes ambas formas de N en forma balanceada, sino que, según la etapa de crecimiento de la planta, será más beneficiosa la presencia de una por sobre la otra. Por ejemplo, a finales de la etapa de crecimiento, momento en el que se promueve la detención del crecimiento en altura y el inicio del crecimiento de la raíz, es indicado aplicar mayor cantidad de N en forma de nitratos.

Fósforo (P)

Funciones en la planta:

- Participa en transformaciones de energía (ATP).
- Estructura membranas celulares (fosfolípidos).

Forma disponible para la planta: H_2PO_4^-

Si bien el P tiene participación activa en todas las etapas metabólicas, su importancia aumenta al momento de estimular el crecimiento de las raíces.

Potasio (K)

Funciones en la planta:

- Activador enzimático.
- Regula la apertura y cierre estomático.
- Favorece la formación y acumulación de glúcidos.
- Acompaña al N en importancia en la fase de mayor crecimiento.

Forma disponible para la planta: K^+

Por su participación en la acumulación de glúcidos, el K no debe faltar en la última etapa de vivero. De esa manera se logra que la planta pueda acumular una adecuada cantidad de reservas para brotar con mayor vigor en primavera.

Con respecto a su función como regulador estomático, es un mineral básico para la regulación de la transpiración y el aumento de la resistencia de la planta al estrés hídrico.

Azúfre (S)

Funciones en la planta:

- Interviene en la constitución de aminoácidos (proteínas).
- Participa en la síntesis de clorofila (por eso una deficiencia de S perjudica la capacidad de respuesta a la fertilización con N).
- Interviene en la formación de glúcidos (igual que K).

Forma disponible para la planta: SO_4^{2-}

Calcio (Ca)

Funciones en la planta:

- Es un componente estructural de las paredes celulares, función iónica general. (hidratación-turgencia), activador enzimático.

Forma disponible para la planta: Ca^{2+}

Magnesio (Mg)

Funciones en la planta:

- Componente del núcleo molécula clorofila, actividad enzimática en síntesis de proteínas.

Forma disponible para la planta: Mg^{2+}

Micronutrientes:

Principales funciones en la planta:

- **Manganeso (Mn):** Activador enzimático, participa en la fotosíntesis.
- **Cinc (Zn):** Promueve la formación de sustancias de crecimiento.
- **Hierro (Fe):** Activador enzimático, donador y receptor de electrones.
- **Cobre (Cu):** Componente de enzimas oxidasas, participa en la fotosíntesis.
- **Cloro (Cl):** Interviene en la liberación de oxígeno (O_2) en la fotosíntesis.
- **Boro (B):** Facilita el intercambio de hidratos de carbono, promueve la resistencia a las heladas.
- **Molibdeno (Mo):** Interviene en la reducción de NO_3^- a NH_4^+ , evitando toxicidad por acumulación de amonio en las raíces.

A modo de guía, la siguiente tabla presenta el contenido standard de los 13 elementos minerales principales en tejido foliar de plantines de especies forestales:

Tabla 5: Contenido foliar standard.

MINERAL	% PROMEDIO EN TEJIDO VEGETAL (PESO SECO)
MACRONUTRIENTES	
Nitrógeno (N)	1.5
Fósforo (P)	0.2
Potasio (K)	1.0
Azufre (S)	0.1
Calcio (Ca)	0.5
Magnesio (Mg)	0.2
MICRONUTRIENTES	
Hierro (Fe)	0.01
Cloro (Cl)	0.01
Boro (B)	0.002
Zinc (Zn)	0.002
Manganeso (Mn)	0.005
Cobre (Cu)	0.0006
Molibdeno (Mo)	0.00001

(Dumroese, et al 2008)

En análisis foliares de lenga producida bajo condiciones de fertirriego se encontraron valores 30 % superiores a los standard para P, K y Ca (Barroetaveña, et al. 2009).

2.4.2 ¿Cómo llegan los nutrientes a la planta?

Las principales vías de llegada de nutrientes a la raíz son tres: por intercepción, por difusión y por flujo masal.

- **Intercepción:** La expectativa de absorción depende del crecimiento radical, ya que la raíz toma los minerales a medida que los intercepta. Es el caso del P, el cual es muy poco móvil en el suelo.
- **Difusión:** Es la vía más lenta, los minerales se mueven en el suelo por diferencia de concentración del elemento entre un sector y otro. La velocidad de difusión depende de la tortuosidad del camino a recorrer, es decir, del tamaño y como estén acomodadas las partículas del suelo. Por ésta vía se mueve el K en un 70 %, y también el P.
- **Flujo masal:** El elemento entra junto con el agua absorbida. El condicionante de ésta vía es el contenido de agua en el suelo. Sólo se da en los elementos más solubles, como N, Ca, Mg, S y K. En el caso de K solo un 30 % llega a la planta por flujo masal.

Aparte de éstos mecanismos, existe la posibilidad de **fertilización foliar** ó **fertilización tópica**. Esta forma se utiliza mayormente para la aplicación de micronutrientes, que son requeridos en pequeñas cantidades y su absorción a través de las hojas es suficiente. También puede utilizarse para macronutrientes pero únicamente para ajustes de nutrición “a corto plazo”, es decir, produce un mejoramiento de la planta inmediato pero efímero.

2.4.3 Necesidades nutricionales en cada etapa

Como se explicó anteriormente, la planta tiene diferentes demandas nutricionales según el momento dentro de la temporada de crecimiento (ver nuevamente *Figura 1: Esquema de etapas de crecimiento*).

Se diferencian tres grandes etapas:

- 1. Establecimiento:** En ésta primer etapa, la mayor tasa de crecimiento se registra en las raíces, con lo cual se requiere más cantidad de P que de los demás elementos. Si bien mencionamos que además del P, el N en forma de nitrato también estimula el crecimiento radical, en ésta etapa inicial podría causar un crecimiento “suculento” del cuello de la planta y hacerla más vulnerable al ataque de hongos (*Dumroese, 2008*). Por ésta razón el N es limitado en la fase de establecimiento.
- 2. Máximo crecimiento:** Hacia fines de octubre, la tasa de crecimiento de las raíces disminuye, y comienza a desarrollarse la parte aérea de la planta en forma muy activa. En esta etapa será necesaria una fuerte aplicación de N y K en forma balanceada. El aporte de micronutrientes es un factor clave, ya que sus posibles deficiencias serán más notorias debido a la alta tasa de crecimiento del follaje.
- 3. Rustificación:** La última etapa debe comenzar a mediados del verano y es la de mayor importancia para lograr una planta de buena calidad. En este momento, disminuye la tasa de crecimiento del follaje y la planta comienza a acumular reservas en su cuello y tallo. Esto define un aumento en el diámetro de cuello y mayor lignificación del tallo. En ésta etapa ya no hay necesidad de N pero sí de K y P. Es importante considerar que la planta tarda algunas semanas en responder a las disminuciones de N, con lo cual durante esa demora seguirá creciendo. Una práctica posible para disminuir ese tiempo de retardo es la aplicación de algunos riegos con agua sola, de manera de provocar el lixiviado de N y lograr una respuesta más rápida a la aplicación de K y P en ésta etapa.

2.4.4 Síntomas comunes de deficiencia nutricional

La sintomatología de deficiencias nutricionales varía según el elemento mineral causante y está relacionada tanto con la función que cumple el elemento en la planta como con su movilidad en el tejido vegetal. La sintomatología presentada es la general para tejidos vegetales, pero cabe aclarar que pueden existir expresiones diferentes según género y especie. A la fecha no se han realizado determinaciones específicas para el género *Nothofagus* en vivero (Foto 12).

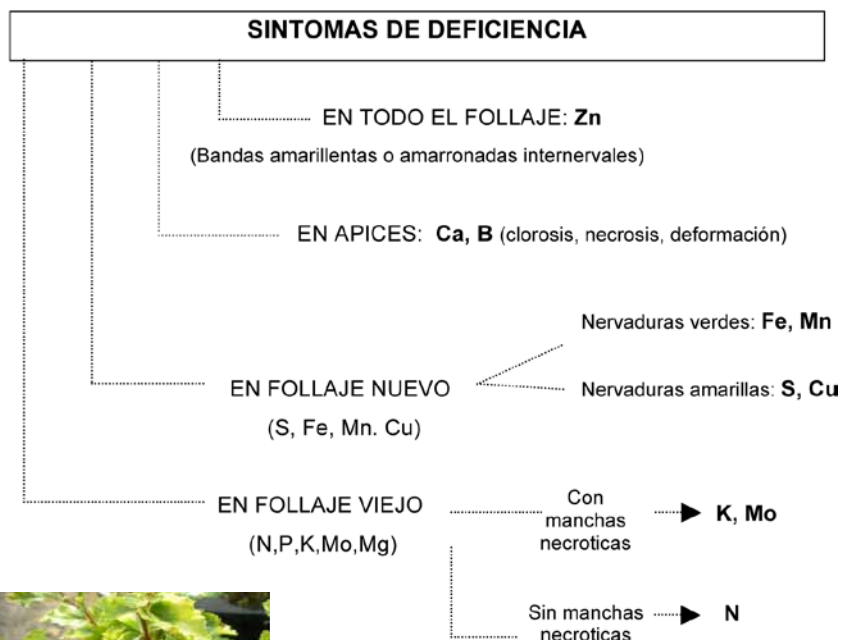


Foto 12: Posible deficiencia de Mg en plantines de ñire

2.5 Riego y fertirriego

Anteriormente se mencionó que son varios los factores que influyen en el crecimiento y buen desarrollo de las plantas. Dentro de esos factores, la disponibilidad de nutrientes afecta en forma considerable tanto la tasa de crecimiento como la calidad de las plantas.

En un sistema de viverización bajo condiciones controladas, la aplicación de fertilizantes resulta de vital importancia, especialmente si consideramos la utilización de un sustrato inerte, que no aporta nutrientes a la planta.

La aplicación de fertilizantes a través del sistema de riego nos da la posibilidad de controlar la nutrición en forma total. Una de las mayores ventajas es poder brindarle a la planta los elementos nutritivos puntuales que necesita en cada etapa, controlando también la cantidad, evitando así tanto posibles deficiencias como excesos.

2.5.1 ¿Qué cantidad de agua necesitan las plantas?

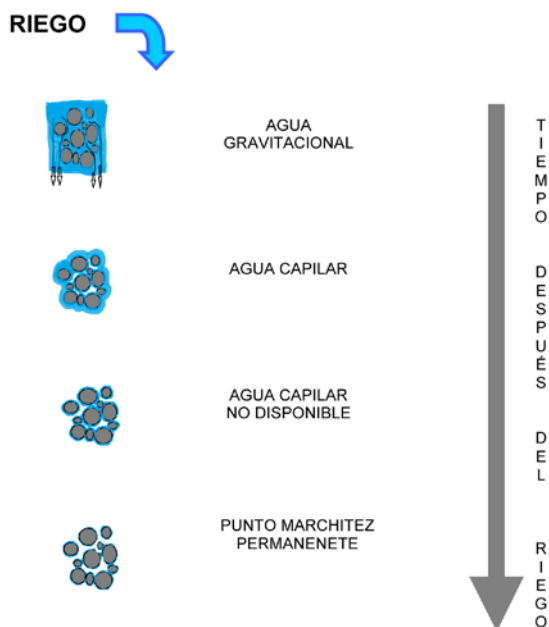
Anteriormente mencionamos que en el sustrato existen macroporos y microporos. Cuando un sustrato está regado hasta saturación, observamos que el agua percola por debajo de los contenedores o macetas. En ese momento, no hay aire en el sustrato, todos los poros están llenos de agua, y ésta drena por la parte inferior. Se denomina *“agua gravitacional”*.

Pasado cierto tiempo, el drenaje cesa y los macroporos han vuelto a ser ocupados por aire. En este punto el contenido de agua en el sustrato es el ideal, ya que al haber tanto aire como agua las raíces pueden hacer una mejor absorción. A esa cantidad de agua se la denomina *“agua capilar”*, y ese estado de hidratación se llama *“capacidad de campo”*.

A medida que pasa más tiempo después del riego, el agua capilar es consumida por la planta o evaporada, y alcanza un punto en el que no está disponible (*“agua capilar no disponible”*). En este punto las plantas presentan punto de marchitez temporal, manifestando síntomas de pérdida de turgencia por no poder absorber toda la demanda de agua.

Con mayor tiempo de desecación el agua está fuertemente retenida a las partículas sólidas, y no está disponible para las plantas. Se llega entonces al *“punto de marchitez permanente”*, es el punto de humedad mínima en el cual una planta no puede seguir extrayendo agua del suelo y no puede recuperarse de la pérdida hídrica aunque sea regada posteriormente.

La máxima absorción de nutrientes se presenta cuando el sustrato se encuentra a *“capacidad de campo”*, por lo que los riegos deben efectuarse en una frecuencia y cantidad que maximice los momentos con dicho contenido hídrico.



2.5.2 ¿Cómo determinar el riego para cada etapa?

Una forma práctica de determinar la necesidad de riego es mediante el pesaje de las bandejas:

1. Se riega a saturación.
2. Se determina el peso de una bandeja al momento de cese de drenaje.
3. El peso obtenido se utiliza como **peso de referencia**. Controlando el peso de la misma bandeja en forma diaria se observa la disminución del mismo en la medida que el sustrato pierde humedad. Un nuevo riego será necesario cuando el peso de la misma bandeja sea igual a **X % del peso de referencia**. El valor **X** varía de la siguiente manera según la etapa del cultivo que estemos manejando.

Para la etapa de establecimiento: La etapa de establecimiento tiene por objetivo estimular el crecimiento de la raíz. Si bien se le aportan los elementos necesarios para tal fin a través de los fertilizantes, la cantidad de agua que se le brinda a la planta también influye. Se recomienda que el riego sea ligeramente inferior al ideal, de manera de estimular la elongación de raíces en busca de humedad. Por lo tanto en *etapa de establecimiento* **X = 70%**

Para la etapa de máximo crecimiento: En esta etapa la planta desarrolla la mayor cantidad de biomasa, por lo que la absorción de nutrientes debe ser eficiente para optimizar el desarrollo. Por esta razón y para mantener un contenido hídrico a “capacidad de campo”, en *etapa de máximo crecimiento* **X = 80%**

Para la etapa de rustificación: Esta etapa tiene la característica de alternar periodos de riego standard con periodos de stress hídrico (Ver Rustificación; Manejo del agua).

Para los *períodos de stress hídrico* **X = 60%**; para los *períodos de riego standard* **X = 80%**.

Recomendación: Calcular el peso de referencia para cada especie, ya que la utilización de distintas porosidades de sustrato implican distinta capacidad de retención de agua.

2.5.3 Los fertilizantes para fertirrigación

Para la aplicación a través del sistema de riego, los fertilizantes a utilizar deben ser 100% solubles en agua existiendo diferentes opciones.

Una opción es la compra de fertilizantes especiales para fertirriego, que aseguran su solubilidad y poseen formulaciones predeterminadas y balanceadas de acuerdo a las necesidades del cultivo. Otra posibilidad es armar nuestra propia solución nutritiva mediante la mezcla de los elementos por separado. Esta segunda opción, si bien es más económica, demandará mayor trabajo y debería ser manejado por una persona capacitada. Entre las capacidades necesarias para este trabajo está el conocer los posibles problemas químicos que pueden presentarse debido al antagonismo entre algunos elementos nutritivos, como K y Mg. También es fundamental saber qué elementos no

deben mezclarse entre sí para evitar la formación de precipitados que pueden obstruir los picos de riego como Ca + P, Ca + S, Mg + P y K + S.

2.5.4 El agua para fertirrigación

En un sistema de fertirriego, la solución nutritiva se compone de la siguiente manera:

Fertilizante (soluto) + agua (solvente) = solución nutritiva

Por esto, el agua requiere de la misma atención que los fertilizantes, ya que sus características químicas van a interactuar al formarse la solución. Las características químicas del agua y su aptitud para ser utilizada en fertirriego dependerán de la fuente de la cual se obtenga, por lo cual se recomienda **realizar un análisis de agua previo a la utilización para fertirriego**. En la Tabla 6 pueden verse conversiones de unidades de concentración útiles para la mejor interpretación del análisis de agua.

¿Qué determinaciones pedir en el análisis de agua?

Para poder evaluar la calidad del agua y su aptitud para fertirriego deben conocerse los siguientes parámetros:

- pH
- Conductividad eléctrica (CE)

Tabla 6: Conversiones de unidades de concentración útiles para la interpretación del análisis de agua.

DE	A	MULTIPLICAR POR	DE	A	MULTIPLICAR POR
Meq/l N-NO ₃ ó N-NH ₄	ppm N	14	ppm N-NO ₃ ó N-NH ₄	Meq/l N	0,07143
Meq/l H ₂ PO ₄	ppm P	31	ppm P	Meq/l H ₂ PO ₄	0,03226
Meq/l K	ppm K	39	ppm K	Meq/l K	0,0256
Meq/l Ca	ppm Ca	20	ppm Ca	Meq/l Ca	0,05
Meq/l Mg	ppm Mg	12	ppm Mg	Meq/l Mg	0,0833
Meq/l SO ₄	ppm SO ₄	48	ppm SO ₄	Meq/l SO ₄	0,02083
Meq/l Na	ppm Na	23	ppm Na	Meq/l Na	0,04348
Meq/l Cl	ppm Cl	35,5	ppm Cl	Meq/l Cl	0,02817

- Relación de adsorción de sodio (RAS)
- Concentración de cationes: Sodio (Na), K, Ca y Mg.
- Concentración de aniones: Carbonatos (CaCO_3), Bicarbonatos, Cloruros (Cl) y Sulfatos (S).

¿Qué valores son límite para fertirriego?

Algunos de los límites indicados (Tabla 7) pueden superarse sin significar que el agua no pueda ser utilizada. Considerando los parámetros previamente mencionados el agua se puede clasificar en: salina, alcalina y dura. En estos casos pueden generarse problemas como formación de precipitados y su consecuente obturación de picos, toxicidades o manchas en el follaje, **siendo necesario realizar un manejo especial del agua y de la fertilización** (Tabla 8).

Tabla 7: Valores límite de características químicas en agua para fertirriego.

PARAMETRO	NIVEL MAXIMO/ RANGO ACCEPTABLE
pH	7
CE	0,75 a 2 dS/m
RAS	4 a 10
Na	3 meq/l
K	0,26 meq/l
Ca	6 meq/l
Bicarbonato	122 ppm
CaCO_3	150 ppm
Cl	2 meq/l
S	2 meq/l

(Extraído de Lavado, 2001)

Tabla 8: Posibles problemas y cómo resolverlos.

TIPO DE AGUA	CARACTERÍSTICAS	PROBLEMA	SOLUCIÓN
SALINA	-Alta CE >2-3 dS/m. -Contenido de Cl > 150 ppm.	Aumenta concentración de sales en sustrato, reduce absorción de agua, causa toxicidades.	Usar ferts. de bajo índice salino, regar de más para lavar sales del sustrato.
ALCALINA	-pH > 7 -Presencia de carbonato o bicarbonato de sodio.	Dispersión de coloides, pérdida de macro porosidad, compactación, falta de aireación, se ralentiza la infiltración.	Usar ferts. de reacción ácida, inyección de ácido en el sistema de riego para disolver precipitados.
DURA	-Bicarbonato de calcio >150 ppm -pH alcalino >7,5. -Alto contenido de Ca y Mg, (>50 ppm).	Acumulación de Ca en sustrato, precipitación de fertilizantes solubles, afecta la nutrición.	Usar ferts. de reacción ácida, inyección de ácido para disolver precipitados, considerar Ca en agua al calcular Ca en fertilización.

(Extraído de Lavado, 2001 y Melgar, 2009)

2.5.5 ¿Cómo calcular la cantidad de fertilizante?

Los fertilizantes deben “inyectarse” en el caudal de riego, de manera tal de llegar a la planta en la concentración apropiada. El manejo standard consiste en la preparación de una “solución madre”, que luego se incorpora en el caudal de riego a través de una bomba inyectora o un sistema Venturi.

Para preparar la solución madre es necesario conocer:

- **La composición del fertilizante a aplicar** (% de cada elemento mineral): Los fertilizantes se nombran según su contenido de los 3 principales minerales: N, P y K en ese orden. A los fines de lograr precisión en la dosis a aplicar, hay que tener en cuenta que los fertilizantes no contienen nutrientes en forma elemental sino compuestos que proporcionan formas iónicas de los nutrientes que las plantas pueden absorber. **Para calcular la dosis a aplicar se necesita conocer la cantidad del nutriente en forma elemental.** En el caso del N, el contenido en forma elemental se corresponde al % en la denominación del fertilizante; pero **no es así para P, K Ca y Mg.**

En estos casos debe hacerse una conversión según la siguiente tabla, para calcular la cantidad neta de cada elemento en el compuesto que lo contiene:

Tabla 9: Conversión a forma elemental.

COMPUESTO (1)	ELEMENTO (2)	PARA PASAR DE (1) A (2) MULTIPLICAR POR
P ₂ O ₅	P	0,4364
K ₂ O	K	0,8302
CaO	Ca	0,7147
MgO	Mg	0,6031

De esta manera, para el cálculo de la solución madre los valores de composición a considerar en, por ejemplo, un fertilizante de denominación 10-46-16 son 10% N, **20,1 % P y 13,3 K**.

- **El caudal de inyección / absorción Venturi (volumen / tiempo):** Esto se mide con la utilización de un flujómetro o manualmente, midiendo el volumen que se inyecta por el Venturi en un tiempo determinado (p.ej. 1 minuto) a una presión de trabajo preestablecida.
- **El caudal del sistema de riego:** Se mide el caudal que tira cada pico, trabajando con la misma presión con la que se midió el caudal del Venturi. Se coloca un vaso medidor que capte toda la irrigación en un pico durante 1 minuto; y luego se multiplica por la cantidad de aspersores del sistema. Se sugiere realizar ésta medición en varios picos y luego promediar los valores obtenidos.
- **La dosis a aplicar al cultivo (ppm del elemento principal):** Esto se define según la necesidad nutricional de la etapa del cultivo en la que se está trabajando.

Teniendo los datos mencionados, se calcula la **dilución** que tendrá la solución madre una vez incorporada al caudal de riego. En base a eso, se determina la concentración de la solución madre, para lograr la llegada a la planta de la cantidad apropiada de fertilizante.

Un ejemplo:

Necesidad de fertilización: 100 ppm N

- Producto: N-P-K 18-7-17
- Caudal absorbido por Venturi: 108 litros/hora
- Caudal de riego: caudal/aspersor: 48 litros/hora

Cantidad aspersores: 70

Total caudal de riego: 3.360 litros/hora

Dilución= total caudal de riego/ caudal absorbido Venturi

3360 litros/hora/ 108 litros/ hora = 31 (Es decir, la solución inyectada por Venturi se va a diluir 31 veces en el caudal total)

Por lo tanto, la solución madre deberá ser 31 veces más concentrada que la solución de fertirriego que debe llegar a la planta, que en este ejemplo es 100 ppm N.

Entonces:

$$[(\text{Necesidad de fert./concentración del elemento}) * \text{dilución}] / 1.000$$

Solución madre

$$[(100 \text{ ppm} / 0.18(1)) * 31] / 1000 = 17,2 \text{ grs./litro}$$

(1): gramos de N por gramo de producto

El resultado es la concentración que debe tener la solución madre, para que, inyectada en ese sistema, resulte en 100 ppm de N en la solución que sale por el aspersor y llega a la planta.

¿Qué requiere éste sistema?

El mayor requerimiento es la **necesidad de un equipo de aplicación**. Existen muchas posibilidades en el mercado, entre las que se encuentran desde un simple Sistema de Venturi hasta bombas dosificadoras que garantizan mayor exactitud en la dosis aplicada.

Otro factor a tener en cuenta es la **necesidad de control constante**. Cualquier cambio en el caudal inyectado derivará en la aplicación de dosis incorrectas.

A su vez, a aplicación en momentos inadecuados, con alta temperatura o alta insolación, pueden provocar daños en las hojas a modo de quemaduras debido a la combinación del alto contenido de sales con las altas temperaturas.

Se debe tener en cuenta también, que si la vía de aplicación de nutrientes es a través del riego, **un manejo erróneo de las cantidades de agua aplicadas es también un mal manejo nutricional**. Por esto se recomienda hacer especial énfasis en la uniformidad del riego; ya que de no ser así se tendrán crecimientos desiguales en el lote de plantas (Foto 13).



Foto 13 Crecimiento desigual en raulí causado por riego desuniforme.

¿Cómo controlar la uniformidad del riego?

Un método simple para detectar problemas de uniformidad de riego es la colocación de recipientes equidistantes en todo el invernáculo. A mayor cantidad de vasos, la muestra será más precisa. Luego de un periodo de riego se medirá el volumen captado en cada vaso. El mismo debe ser similar en todas las muestras, de no ser así lo más factible es que haya picos obstruidos en las zonas donde se midió menor volumen.

2.5.6 Controles necesarios

Como se mencionó anteriormente, el riego es también la vía de aplicación de nutrientes, por lo tanto se deben considerar algunos puntos importantes sobre la cantidad y frecuencia de riego:

1- La solución de riego debe llegar a drenar por la base de la celda.

De esa manera se mantiene una humedad y distribución de nutrientes homogénea. Si no fuera así, por ejemplo si el tiempo de riego no alcanzara a mojar toda la profundidad de la celda, se correrían **dos riesgos**:

1. La acumulación de una mayor cantidad de sales en la línea límite a donde llegó el agua (*frente de humedad*), pudiendo provocar una estratificación de sales que resulte tóxica si el fenómeno se repitiera en el tiempo.
2. La inversión del sentido de crecimiento de las raíces, que al buscar la humedad, pueden empezar a crecer hacia arriba para mantenerse en la parte superior de la celda. De esta manera el volumen explorable se vería reducido, limitando el crecimiento potencial de la planta.

2- Los picos de riego deben tener un caudal suficiente para vencer la intercepción de las hojas.

A medida que las plantas crecen, su follaje aumenta, interceptando el agua de riego e impidiendo la llegada al sustrato. Esto debe controlarse y eventualmente cambiar los picos por otros de mayor caudal. En la foto 14 se puede observar un sistema de riego en funcionamiento.



Foto 14: Sistema de riego en funcionamiento

3- Controlar la presión de trabajo de la bomba y la velocidad de inyección.

Es conveniente el control periódico de la presión de trabajo de la bomba y la velocidad de inyección de la solución madre en el sistema de riego. De no ser así, se corre el riesgo de aplicar dosis insuficientes o demasiado altas. Se recomienda el uso de manómetros antes y después de los filtros y del Venturi para lograr un mejor control. En la foto 15 se puede observar el sistema de aplicación Venturi, sobre el cual deben hacerse los controles de presión y velocidad de inyección.



Foto 15: Sistema Venturi para inyección de solución madre

4- Controlar conductividad eléctrica (CE) del sustrato y del lixiviado.

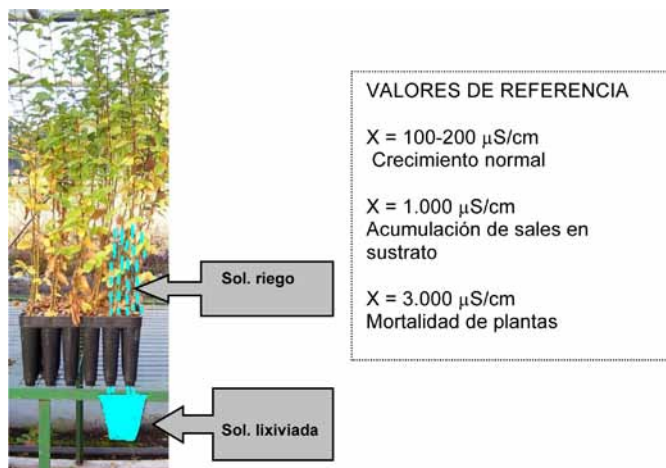
El control de CE es la forma de monitorear el movimiento de sales en el sistema *solución de riego-sustrato*. Se recomienda la utilización de un medidor de conductividad eléctrica en sustratos, y controlar periódicamente que los valores a distintas profundidades de la cavidad sean similares. Esto permitirá detectar la formación de perfiles salinos en caso que el riego no llegue a drenar por la base del contenedor.

Asimismo se recomienda controlar CE de la solución de riego y de la solución lixiviada en el drenaje. Este control se realiza mediante la aplicación de la fórmula:

$$X (\mu\text{S/cm}) = \text{CE lixiviado } (\mu\text{S/cm}) - \text{CE solución de riego } (\mu\text{S/cm})$$

Si la CE del lixiviado está por encima de la CE de la solución de riego en más de 1.000 $\mu\text{S/cm}$ significa que no se está lixiviando correctamente y

se están acumulando sales en el sustrato. En este caso deberá regarse con agua sola hasta que la lectura de CE lixiviada sea normal (*Landis, 1990*).



2.6 Temperatura

Uno de los factores mencionados como condicionantes del crecimiento y buen desarrollo de los plantines es la temperatura. Para mantener un rango de valores que favorezcan el crecimiento, se utiliza un sistema de calefacción, que garantiza **una temperatura mínima de 15 °C**.

Las temperaturas extremadamente altas tampoco son beneficiosas, ya que provocan la excesiva transpiración y su consecuente cierre de estomas, con lo cual la circulación de agua en la planta se detiene.

Para evitar exceso de temperatura la práctica más común es la apertura de ventanas en el invernáculo, que permiten la circulación de aire. Se recomienda que la superficie total de las aberturas de un invernáculo sea **igual o mayor al 20 % de la superficie cubierta**. Es decir, si tenemos un invernáculo de 100 m², la superficie de las aberturas no debería ser menor a 20 m². Por otro lado las aberturas deben estar bien distribuidas a los efectos de lograr una buena ventilación.

Otra práctica eficaz para bajar la temperatura es mediante el riego. Accionando el riego durante algunos segundos se logra bajar la temperatura del aire. En días muy calurosos puede accionarse de la misma manera con intervalos de 2 horas logrando mantener un ambiente más fresco y sin aumentar excesivamente la humedad del sustrato.

3- Ciclo de cultivo

3.1 Preparación del sustrato

Es conveniente realizar la preparación del sustrato hacia fines del invierno, para tenerlo listo en el momento de germinación de las plántulas.

Para lograr una mezcla homogénea de los ingredientes es conveniente el uso de una máquina mezcladora u hormigonera.

El sustrato ya preparado debe desinfectarse para evitar la permanencia de posibles semillas de malezas o esporas de hongos que pudieran perjudicar a la planta. Para la desinfección del sustrato un método económico e igualmente efectivo es su desinfección mediante agua hirviendo. Para esto puede extenderse un nylon sobre un suelo plano. Sobre el nylon distribuir una capa uniforme de sustrato de no más de 15 cm de espesor, y mojarlo con agua hirviendo. Luego que se enfríe puede embolsarse, rotulando correctamente las bolsas de manera de saber si está desinfectado o no y qué tipo de mezcla es (1:1; 1:2, etc).

El mismo sustrato se puede utilizar tanto para las almacigueras de siembra como para el llenado de contenedores.

3.2 Tratamientos pregerminativos

Las semillas en general poseen mecanismos de dormancia que les impiden la germinación. Estos mecanismos pueden ser tanto físicos como químicos, y buscan proteger a la semilla para que ésta germine únicamente cuando las condiciones ambientales son propicias para el desarrollo de nuevas plántulas.

En el caso puntual de semillas del género *Nothofagus*, éstas presentan inhibidores a la germinación, por lo que es necesario realizar un tratamiento previo a la siembra que promueva la germinación de las mismas una vez sembradas.

Los tratamientos varían para cada especie, e incluso para algunas especies existe más de un tratamiento efectivo. Los tratamientos más comunes consisten en hidratar la semilla durante 48 horas cambiando el agua al menos una vez y luego colocarla en una heladera o cámara de frío. Las temperaturas recomendadas son entre 2 y 5 °C.

Los tiempos de estratificación utilizados, es decir, de permanencia óptima en cámara de frío para cada especie, son los siguientes:

Tabla 10: Tiempo de estratificación.

LENGA	R. PELLIN	RAULI	NIRE
60 días	50 días	35 días	42 días

Además, en el caso del raulí, puede colocarse la semilla en agua corriente fría durante 10 días, sin necesidad de someterlo posteriormente a cámara de frío. De esta manera se logran tasas de germinación similares a las del tratamiento de remojo + frío. (*Martinez, com. per.*).

Para raulí, roble pellín y lenga, también es factible un tratamiento con hormonas. El mismo consiste en sumergir la semilla en una solución de 250 ppm de GIBERELINA durante 8 a 12 hrs, logrando una alta tasa de germinación (*Escobar, com. per.*).

3.3 Siembra

Una vez realizado el tratamiento pregerminativo, la semilla está lista para sembrarse. En este momento, si bien fisiológicamente la semilla no presenta inhibidores, igualmente debemos brindarle algunas condiciones que faciliten el proceso. **El objetivo es lograr una germinación rápida y homogénea.** (Foto 16)

¿Por qué?

Se pretende un proceso de viverización de una sola temporada. Por lo tanto, una diferencia en el momento de germinación de, por ejemplo, 2 semanas entre las primeras y las últimas, causaría diferencias en los momentos de desarrollo, tanto si se hace siembra directa como si se siembra en almacigueras y luego se repica. Esto dificultaría el manejo del lote de plantas.

Cada especie tiene una temperatura óptima de germinación. Si logramos mantener una temperatura ambiente sin fluctuaciones, y lo más cercana posible al valor óptimo, la germinación será homogénea en un lapso de pocos días.

Tabla 11: Temperaturas de germinación.

ESPECIE	RANGO FACTIBLE (C°)	TEMPERATURA ÓPTIMA (C°)
Lenga	10-35	19
Nire	15-30	25
Roble pellín	15-35	21
Raulí	15-30	20

(Escobar, 2007)

Cabe aclarar que la metodología de siembra dependerá del poder germinativo propio de cada lote. En caso de no contar con este valor, o que el mismo sea inferior al 50 %, la metodología apropiada es la siembra en almacigueras. En caso de contar con un poder germinativo igual o mayor al 50 %, puede realizarse la siembra directamente en las celdas de los contenedores, a razón de 2 semillas/celda. Oportunamente se puede realizar un raleo en caso de germinar ambas semillas.

En las dos metodologías mencionadas la semilla se siembra a una profundidad no mayor a 2 veces su diámetro; y deberá mantenerse el sustrato húmedo y a temperatura ambiente según lo mencionado. Para la siembra directa resulta práctica la fabricación de una herramienta casera que copie la matriz de la bandeja de tubetes, con pequeños apéndices de una longitud equivalente a la profundidad de siembra determinada. De esta manera, con solo apoyar la herramienta sobre la bandeja se marcan los orificios de siembra en el centro de cada celda y con la profundidad necesaria.

3.4 Repique

El momento óptimo para realizar el traspase de plántulas germinadas a los contenedores (*repique*) es entre 2 y 5 días luego de la germinación de la semilla. En ese momento, los cotiledones aun no se han desplegado completamente, lo que facilita el manipuleo de la plántula y evita pérdidas de humedad en los cotiledones.

Durante la tarea de repique, hay que tener en cuenta que la planta es muy frágil, por lo que debe hacerse con cuidado y tocarla lo menos posible. La plántula debe tomarse por el cuello, sin tocar la raíz, y colocarse inmediatamente en un pequeño orificio hecho previamente en el sustrato del contenedor. Este sustrato debe estar húmedo, y debe procurarse que la radícula quede extendida hacia abajo, sin doblarse contra los bordes del orificio. (Foto 17)

Para esta tarea deben evitarse horas de calor, alta insolación o presencia de viento para que la pérdida de agua de la plántula sea la menor posible.



Foto 16: Sala de germinación



Foto 17: Repique

¿Es necesario podar la raíz al repique?

Si el repique se realiza en el momento óptimo, la raíz no será tan extensa y no será necesario podarla. De esta manera se mantiene su integridad y se evitan cortes en el tejido que posibilitan la entrada de patógenos a la planta.

Igualmente, en pruebas experimentales de repique en lenga, con poda y sin poda de la radícula, no se encontraron diferencias significativas en el

tamaño final de la planta. Es decir, que si al momento del repique, la raíz tiene una longitud que dificulta su manipulación, ésta puede ser podada con una tijera esterilizada sin provocar inconvenientes.

3.5 Etapas de crecimiento

Como se expuso en el punto 2.4.3, la planta tiene diferentes necesidades nutricionales según su etapa de desarrollo. Un manejo nutricional adecuado, es el que busca darle a la planta específicamente los minerales que necesita en cada etapa. Por esta razón, el manejo del cultivo se divide de la siguiente manera:

3.5.1 Etapa de establecimiento

- La mayor tasa de crecimiento se registra en el sistema radical.

Las reservas de P de la semilla se agotan poco después de la germinación, pero se mantiene una alta necesidad de éste elemento para el desarrollo de las raíces. Es importante cubrir esta necesidad y lograr un buen sistema de raíces, ya que de esto dependerá que la planta tenga con qué absorber los minerales en las siguientes etapas (Foto 18).

Tabla 12: Fertilización aplicada en la etapa de establecimiento.

PRODUCTO	FORMA N	ETAPA	CONC.PPM	FREC. APLIC.	PERIODO
10-45-16	65% NO ₃	Estab.1	50 P	2/sem	1 al 30 sept.
10-45-16	65% NO ₃	Estab.2	100 P	3/sem	1 al 15 oct.

La etapa de establecimiento es en la que las plantas tienen su menor tamaño, por lo que presentan la mayor susceptibilidad a daño de raíces por altas concentraciones de sales. Por ésta razón se deberá prestar especial atención a la conductividad eléctrica y el buen manejo del riego.

3.5.2 Etapa de máximo crecimiento

La mayor tasa de crecimiento se registra en altura.

Una vez logrado el aumento del sistema radical la planta está formada para absorber todos los nutrientes necesarios para esta etapa, en la cual tiene el mayor aumento de biomasa. En esta etapa el requerimiento de N y K aumenta por sobre el requerimiento de P. Se requiere también de todos los micronutrientes en forma balanceada (Fotos 19 y 20).

Por lo general, el K se requiere en menores cantidades que el N, pero para las especies lenga, raulí y roble pellín, se lograron mejores crecimientos aplicando cantidades similares de ambos nutrientes en esta etapa.



Foto 18: Etapa establecimiento en R. pellín



Foto 19: Mitad de etapa de máximo crecimiento en lenga



Foto 20: Final de etapa máx. crecimiento (lenga). Altura 68 cm

Tabla 13: Fertilización aplicada en la etapa de máximo crecimiento.

PRODUCTO	FORMA N	ETAPA	CONC. PPM	FREC. APLIC.	PERIODO
18-7-17	65% NH_4^+	Crec 1	30 N	3/sem	15 al 31 oct.
18-7-17	65% NH_4^+	Crec 2	50 N	2/sem	1 al 15 nov.
18-7-17	65% NH_4^+	Crec 3	100 N	2/sem	15 nov. al 15 enero
14-0-14	90 % NO_3^-	Crec 2-3	14 Ca	1/sem	15 oct. al 15 enero
micronuts	- - -	Crec 1-2-3	Aplicación tópica	1/sem	15 oct al 15 enero

El producto 14-0-14 (14% N, 0% P y 14% K) se aplica por su alta concentración de Ca dado que su formulación contiene 6 % de este elemento. La incorporación de Ca permite obtener un tallo altamente lignificado hasta el ápice. Sin esta incorporación en la dieta, se registra falta de lignificación en tallos, presentando éstos color verde en los 10 centímetros superiores. Esta característica se observa fuertemente en lenga y se corrige mediante las aplicaciones de Ca.

3.5.3 Etapa de rustificación

La mayor tasa de crecimiento se registra en diámetro de cuello y elongación de raíces.

La etapa de rustificación **es la más importante de todo el proceso**, ya que es en la cual debemos lograr que la planta se prepare tanto para las condiciones invernales como para una brotación vigorosa a campo. Esto implica que desarrolle, entre otras cosas, capacidad para resistir bajas temperaturas y capacidad para crecer ante una menor disponibilidad de agua.

Un aspecto a considerar es que al momento de comenzar la rustificación, la planta se encuentra en etapa de máximo crecimiento, con lo cual uno de los puntos más importantes es lograr detener el crecimiento en altura, incluso cuando las condiciones ambientales siguen siendo favorables al mismo.

¿Cuáles son los objetivos de la rustificación?

- Detener el crecimiento en altura.
- Promover el desarrollo de yemas.
- Aumentar la tasa de crecimiento del diámetro de cuello.

- Promover el crecimiento radical.

Sabiendo los objetivos a alcanzar en esta etapa, inferimos que la demanda nutricional difiere con respecto a la etapa anterior en los siguientes puntos:

- Aumenta la demanda de K (por formación de reservas).
- Aumenta la demanda de P (por incremento de la tasa de crecimiento de la raíz).
- Se suprime la aplicación de N para detener el crecimiento en altura y permitir que los tejidos se endurezcan.

¿Cuándo empezamos a rustificar?

Una vez cambiada la dieta según los minerales necesarios en esta etapa, la planta tardará al menos 2 semanas en adaptarse a dicho cambio y detener su crecimiento en altura. Por ésta razón **la rustificación se inicia al alcanzar el 80 % de la altura final deseada**, a fin de tener en cuenta el adicional de crecimiento hasta lograr la disminución del metabolismo. Para tener certeza en la determinación del momento adecuado en el cual comenzar la rustificación, **es necesario tener registro de los crecimientos en altura** (ver punto 3.6).

¿Cómo empezamos a rustificar?

1) Rustificación química:

Se comienza con los cambios de dieta pertinentes para ésta etapa, ya que posteriormente también se disminuirán los riegos, y consecuentemente se tendrán menores posibilidades de aplicar fertilización.

Los cambios en la dieta incluyen primeramente una disminución drástica de N aplicado, acompañada por el incremento en la administración de P y K, tal como se mencionó en los objetivos de la rustificación.

Tabla 14: Fertilización aplicada en la etapa de rustificación.

PRODUCTO	FORMA N	ETAPA	CONC. PPM	FRECUENCIA	PERÍODO
4-27-38	50% NO ₃ ⁻	Rusti1	50 K	2/sem	15 al 31 enero
4-27-38	50% NO ₃ ⁻	Rusti2	100 K	3/sem	1 al 28 febrero
4-27-38	50% NO ₃ ⁻	Rusti3	100 K	1/sem	1 al 31 marzo

2) Manejo de temperatura:

La variación en el manejo de la temperatura en esta etapa se refiere al aumento de amplitud térmica del invernáculo. A partir de mediados de febrero se suspenden los controles de temperatura, manteniendo las cortinas totalmente abiertas las 24 hrs.

3) Manejo del agua:

Es necesario iniciar paulatinamente lapsos de leves estrés hídrico en la etapa de rustificación. Los mismos deben ser más frecuentes hacia el final de la etapa. El estrés hídrico al que nos referimos no significa acortar el tiempo de riego, **los riegos siempre deben hacerse hasta saturación**. Como se explicó en el punto 2.5.2, el estrés hídrico se determinará por diferencia de peso en bandejas y se refiere a una mayor pérdida de agua entre riegos (Fotos 21 y 22).



Foto 21: Etapa de rustificación en raulí



Foto 22: Final etapa rustificación (ñire)

3.6 Seguimiento del desarrollo

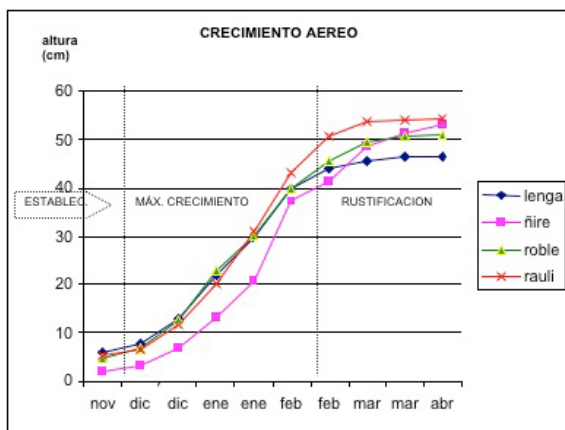
Al iniciar un cultivo, el viverista se plantea un objetivo: una cierta cantidad de plantas de determinado tamaño. La definición del tamaño está en función de diversos factores como el sitio de plantación, el tipo de embalaje a utilizar o simplemente la demanda puntual de producción. De esa manera el viverista define su altura objetivo.

Resulta de gran utilidad la medición periódica de altura a lo largo de toda la viverización. Se propone realizar mediciones cada 15 días sobre una

muestra de 100 plantas de cada especie. Las mismas deben identificarse a fin de tener registro de crecimiento de cada una en forma individual. Esto permite comparar la respuesta de cada especie a los cambios en la dieta aplicada, que son fácilmente evaluables por los cambios de pendiente en las curvas de crecimiento.

En la primera temporada en la que se aplicó este sistema de viverización, las 4 especies cultivadas compartieron un mismo invernáculo y una misma dieta nutricional. Este hecho, sumado al seguimiento de desarrollo expuesto, permitió vislumbrar diferencias entre las especies, y poder establecer que **si bien se trata del mismo género, las demandas nutricionales son propias de cada especie**. Las curvas de crecimiento resultantes esa temporada fueron las siguientes:

Gráfico 1: Curvas de crecimiento de las cuatro especies consideradas.



Algunas observaciones realizadas, con las cuatro especies bajo una misma dieta nutricional, fueron las siguientes:

Raulí:

Muy sensible a la alta disponibilidad de N. Crecimiento exagerado de área foliar y problemas de intercepción del riego por canopeo excesivamente desarrollado. En el gráfico se observa cómo el raulí, inclusive, tarda más

en disminuir su tasa de crecimiento frente a la disminución de N previa a la rustificación.

Mayor sensibilidad al estrés hídrico. Requiere mayor duración de la etapa de rustificación. Con respecto a la necesidad de riego, en los períodos de estrés hídrico de esta etapa no es recomendable bajar a menos de 65 % el valor de X.

Roble pellín:

Es más eficiente en el uso del agua, menor sensibilidad a estrés hídrico. Con respecto a la necesidad de riego, en los períodos de estrés hídrico de la etapa de rustificación, el valor X puede bajarse hasta 50%.

Ñire:

Mayor flexibilidad a cambios en disponibilidad de nutrientes. Se observa en el gráfico una disminución de la tasa de crecimiento ante la disminución de N, volviendo a aumentar la misma luego de 20 días del cambio de dieta.

Un aspecto importante de este comportamiento es la mayor dificultad en mantener incrementos parejos en el tiempo (menor posibilidad de precisión al fijar la altura objetivo). Pero por otro lado, tiene aparejada la ventaja de una mayor eficiencia en el uso de los nutrientes disponibles lo cual significa que se adaptará fácilmente a situaciones de menor fertilidad en el suelo en el cual se establezca.

4- Del vivero al campo

El trabajo de un viverista no termina con el despacho de plantas. El transporte de las mismas y su manipuleo durante la plantación pueden afectar su integridad y posterior prendimiento, por lo que durante este proceso se deben tener en cuenta todos los cuidados necesarios.

Es recomendable llevar las plantas al campo en los mismos tubetes para evitar el manipuleo. Esta opción es la que permite minimizar tanto los riesgos de deshidratación como la rotura de plantas. Si bien es la práctica más recomendable para las plantas, también es la que demanda mayor espacio vehicular para su transporte, elevando los costos del mismo en el caso de

cantidades considerables de plantas. A su vez requerirá del compromiso de devolución de los contenedores al vivero ya que los mismos son reutilizables.

Para el caso en que la cantidad de plantas a transportar o la distancia de transporte dificulten la opción de llevar las plantas en los tubetes, se puede optar por el embalaje en cajas.

4.1 Embalaje

Al momento del embalaje, el sustrato debe estar bien hidratado, lo cual no sólo mantiene las raíces turgentes sino que facilita el desprendimiento de las plantas, sin que queden restos de sustrato en los tubetes. Por esta razón se realiza un riego a saturación horas antes del embalaje.

Las plantas son retiradas de los tubetes y se colocan en cajas de cartón forradas por dentro con nylon. El nylon permite conservar la humedad del pan de sustrato (Foto 23). Las cajas son rotuladas con la cantidad de plantas que contienen y la especie, para facilitar la organización de la plantación.

Las plantas deben ser embaladas en lo posible el mismo día del transporte de las mismas, para minimizar el tiempo en las cajas.

Una buena práctica es contar con etiquetas para rotular cada caja. En éstas, además de la cantidad de plantas contenidas y la especie, puede figurar la fecha de embalaje. Este dato también será de utilidad al momento de evaluar como se llevó a cabo el proceso de transporte al lugar de plantación.



Foto 23: Embalaje de plantas



Foto 24: Herramientas

4.2 Transporte

Es recomendable que el transporte se realice en vehículos cerrados, para evitar el efecto desecante del viento en el caso de plantas cuyos tallos sobresalen por fuera de las cajas. Una posibilidad en este caso es cubrir toda la carga con una lona o nylon que proteja del viento a la vez de aislar la plantas de la temperatura exterior.

La temperatura durante el transporte debe ser baja, sin llegar a punto de congelamiento.

Debe evitarse dejar los vehículos con plantas al sol y procurar que el tiempo de transporte sea el menor posible.

4.3 Plantación

Para la plantación de éste tipo de plantas se utilizan herramientas que copian la forma del tubete, de manera que el pan de sustrato calce perfectamente en el hoyo. La herramienta posee un orificio inferior de manera que actúa como sacabocados (Foto 24).

La profundidad de la sección de suelo que extrae debe ser ligeramente mayor a la profundidad del tubete, de manera que el pan de sustrato, una vez colocado en el hoyo, quede unos centímetros por debajo de la superficie del suelo. Esto tendrá dos efectos: facilitará la conservación de la humedad en la superficie del terrón y evitará posibles descalces por helada (Foto 25).

La utilización de esta herramienta brinda un mayor rendimiento en plantación en relación a la utilización de la pala plantadora.



Foto 25: Plantación

Otros factores a considerar:

La herbivoría es uno de los factores que influyen más negativamente en el establecimiento de plantaciones con especies nativas.

Puede tenerse en cuenta la posibilidad de utilizar protecciones individuales que representen una barrera física ante este factor. Esto es posible en zonas con ausencia de ganado, donde el herbívoro es la liebre o el conejo. La utilización de protecciones individuales representa un alto costo, puede ser similar o superior al costo de la planta, pero garantiza el establecimiento exitoso (Foto 26).

En caso de trabajar con poca cantidad de plantas, también pueden utilizarse diferentes elementos para hacer protecciones caseras, como cañas o ramas cortadas, o botellas plásticas cortadas en ambos extremos y puestas abrazando la planta.

En caso de áreas con ganado, las zonas a ser forestadas deberían alambrarse de manera de evitar el ingreso del mismo por un período prudencial, hasta que las plantas alcancen un porte mínimo de 2,5 mts de altura. Con dicho porte, en áreas con carga ganadera media, no se observan daños por ramoneo en plantas de ñire (*Hansen, N. com. per.*).



Foto 26: Modelo de protectores individuales

Consideraciones finales

Como se describió, es factible lograr plantas de 60 centímetros de altura promedio en 9 meses. La evaluación final de las mismas como plantas de calidad, depende de su performance en el sitio en el cual se establezcan.

Las plantas producidas en el Campo Experimental Trevelin desde 2006 hasta la actualidad son plantadas en el mismo Campo Experimental con fines de revegetación en áreas incendiadas. El prendimiento y crecimiento inicial en la actualidad esta muy ligado a las precipitaciones estivales; teniendo un porcentaje de fallas del 30 % en años de precipitación media.

Lo expresado en la presente publicación son solo sugerencias que resultan de la experiencia de los últimos años. Aún hay muchos puntos en los que se debería seguir trabajando para lograr mayor precisión, en pos de seguir avanzando hacia la producción de plantas de calidad.



Foto 27: Autoridades nacionales y regional del INTA visitando el vivero

Bibliografía

- AZPILICUETA, M. M.; VARELA, S.; MARTINEZ, A.; GALLO, L. 2010. Manual de viverización, cultivo y plantación de Roble Pellín en el norte de la región Andino Patagónica. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria EEA Bariloche. ISBN 978-987-1623-87-7. 72 pp.
- BARROETAVERÑA C, SCHINELLI CASARES T., BASSANI V., TEJERA L., GALLO L. 2009. Inoculación ectomicorrícica de *Nothofagus* spp. creciendo bajo fertirriego
- CALLAHAN R.Z., 1964. Investigación de procedencias: estudio diversidad genética asociada a la geografía. Unasylva - 73-74. Vol 18 (2-3).
- CIEFAP, 2007. Manual del operario forestal, Manual No. 7.
- ESCOBAR RODRIGUEZ, René. 1990. Análisis de algunos elementos básicos involucrados en la producción artificial de plantas de especies nativas. Revista Bosque 11 (1) 3-9.
- ESCOBAR RODRIGUEZ, René. 2007. Conferencia EcoForestar. Esquel 2007
- ESCOBAR, B.; DONOSO, C. 1996. Resultados preliminares de almacenamiento en frío de semillas de coihue (*Nothofagus dombeyi*), roble (*Nothofagus obliqua*) y raulí (*Nothofagus alpina*). Bosque 17 (2): 101:105.
- FAO – Guía para la manipulación de semillas forestales. Estudio FAO MONTES 20/2 1991
- DUMROESE, K.; LUNA, T.; LANDIS, T. 2008. -Nursery Manual for Native Plants. A guide for tribal Nurseries. U.S. Department of Agriculture-Forest Service-Agriculture Handbook 730
- INFOR – 2004 Técnicas para producir plantas de Lenga (*Nothofagus pumilio*) en Aysén.
- LANDIS TD. 2008. Nursery practices. In: The woody plant. Seed Manual (ed. FT Bonner & RP Karrfalt). USDA. Forest Service. Agric. Handbk 727. 1.223 p.

- LANDIS TD, RW Tinus, SE McDonald & JP Barnett. 1990. Containers and growing media, Vol 22, The container tree nursery manual. USDA. Forest Service. Agric. Handbook 674. 88 p.
- LAVADO, Raúl; 2001 Aguas y sustratos para la producción ornamental. Impresos Agronomía.
- MARTINEZ, Abel y SCHINELLI CASARES, Teresa. 2010. Viverización de especies Forestales Nativas de nuestra región. Revista Presencia INTA Año XXI No. 55.
- MELGAR, R., 2009. Fertirriego: Capacitación a distancia INTA Pergamino
- SCHINELLI CASARES, Teresa. 2011. Conferencias Taller Internacional de Producción de Plantas Nativas. S. C. Bariloche
- SCHINELLI CASARES, Teresa. 2011. Obtención de semilla de *Nothofagus caducifolios* del Bosque andino patagónico. Carpeta Técnica INTA EEA Esquel. Forestal 20: 91-94
- TEJERA, L.; MONDINO, V.; SCHINELLI CASARES, T. 2008. Producción de plantas de lenga en contenedor. Eco *Nothofagus*, Esquel

La presente publicación intenta describir el proceso de viverización bajo condiciones controladas, acompañando cada instancia con un razonamiento técnico que permita al lector comprender el por qué en cada etapa del mismo.

*La información presentada es el resultado de varios años de experiencia en la viverización de lenga (*Nothofagus pumilio*), ñire (*Nothofagus antarctica*), roble pellín (*Nothofagus obliqua*) y raulí (*Nothofagus alpina*).*



Centro Regional Patagonia Sur
Estación Experimental Agroforestal Esquel